

Б.А. Жумабаева*, З.Г. Айташева, Л.П. Лебедева,
Д.А. Алибекова, Ж.Ж. Чунетова, Н. Шынгыскызы

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: beibigul@mail.ru

Оценка коллекционных образцов овощной фасоли по хозяйственно-ценным признакам в условиях Алматинской области

Приведено исчерпывающее описание коллекционного материала фасоли овощной обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) по происхождению и хозяйственно-ценным признакам с точки зрения пригодности уборки для производственной линии в условиях Алматинской области. Изучен вегетационный период отобранных сортов фасоли, что позволяет ежегодно производить кондиционированные семена исследуемого поля. Определены раннеспелые и среднеспелые формы овощных бобов, пригодные для выращивания в Алматинской области. Показано, что продолжительность вегетационного периода исследуемого материала овощных бобов колеблется в пределах 71–85 дней. Указаны наиболее урожайные сорта фасоли для условий Алматинской области. Установлены корреляционные связи между урожайностью и составляющими продуктивности по массе стручков зеленых овощей. Согласно структурному анализу коллекции по урожайности в изучаемой зоне, наиболее перспективными и адаптированными сортами и линиями в раннеспелом кластере являются сорта «Лаура» и «Луна», урожайность которых превышает урожайность эталонного сорта на 22–37 %. В то же время среднеспелый кластер выявил сорт «Касабланка» (Польша), который показал на 26 % более высокую урожайность по сравнению с урожаем того же эталона. Устойчивость отобранных представителей фасоли коллекции к антракнозу исследована с помощью молекулярно-генетического маркирования генотипов.

Ключевые слова: *Phaseolus vulgaris* L., овощные бобы, сортовой образец, вегетационный период, урожайность, антракноз, метод ПЦР.

Введение

Важнейшей задачей современного агропроизводства является обеспечение высоких и стабильных урожаев, в том числе и в зонах, относящихся к возделыванию монокультур и испытывающих регулярное воздействие различных внешних стрессоров. По данным Министерства сельского хозяйства РК, только с 2011 по 2015 гг. площади зернофуражных, крупяных и бобовых культур были расширены на 36 % [1]. Фасоль является одной из значимых культур, которая обладает многоцелевой пищевой, кормовой, фармацевтической, почвообогатяющей и севооборотной ценностью. Однако данная культура широко не возделывается в ряде регионов страны в связи с отсутствием в генофонде зернобобовых культур генотипов, устойчивых к болезням и вредителям, а также форм с высоким адаптивным потенциалом. Вместе с тем постепенно разворачивается применение фасоли в виде овощной (лопаточной) культуры, декоративной культуры и источника белковых компонентов в современном кормопроизводстве на уровне крупных и мелких фермерских хозяйств страны.

В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений входит всего 5 сортов овощной фасоли, которые районированы в Республике Казахстан, в том числе 4 — зарубежной селекции, 2 сорта — зарегистрированы еще в 1943 г., 1 — казахстанский сорт «Ассоль» (регистрация в 2012 г.) [2].

Несмотря на то, что агрономический ареал культуры требует устойчивого расширения, большинство районированных сортов, возделываемых в производстве, недостаточно устойчивы к различным экологическим факторам. Поэтому необходима целенаправленная работа по созданию, районированию и внедрению в производство высокопродуктивных сортов, способных максимально реализовать свои потенциальные возможности в конкретных климатических условиях. В связи с этим актуальным является комплексное изучение лучших отечественных и зарубежных сортообразцов и линий, выявление источников хозяйственно-ценных признаков для расширения генофонда фасоли, поиска доноров и источников устойчивости к стрессорам.

В Казахстане поддержанием коллекции зернобобовых культур на протяжении последних 12 лет занимается кафедра молекулярной биологии и генетики Казахского национального университета

им. аль-Фараби в условиях предгорной и степной зоны Алматинской области. Генофонд фасоли *Phaseolus vulgaris* L. насчитывает 97 образцов и увеличивается как за счет гибридизации, так и в процессе популяционного и спонтанного мутагенеза. Поэтому актуальны процедуры маркирования и исследования коллекционных сортообразцов фасоли овощной по хозяйственно-ценным признакам для выделения исходного материала для селекции по признакам качества семян и для разработки технологии конвейерного производства.

Цель работы — проведение оценки образцов фасоли овощной по таким морфогенетическим и физиологическим признакам, как продолжительность вегетационного периода, продуктивность растений, устойчивость к антракнозу при выращивании в условиях Алматинской области.

Материалы и методы

Опыты проводились в полевом севообороте в условиях в предгорной и степной (равнинной) зонах Алматинской области. Климат Алматинской области резко континентальный, средняя температура января в равнинной части -15°C , в предгорьях $6-8^{\circ}\text{C}$; июля $+16^{\circ}\text{C}$ и $+24...+25^{\circ}\text{C}$, соответственно. Годовое количество осадков на равнинах — до 300 мм, в предгорьях и горах от 500–700 до 1000 мм в год. Продолжительность вегетационного периода в предгорьях и на равнине достигает 205–225 дней. Опыты закладывались по методическим указаниям по экологическому сортоиспытанию овощных культур в открытом грунте [3]. Размер учетной делянки составлял $4,2\text{ м}^2$, делянка имела двурядную форму, длина ряда достигала 3,0 м, расстояние между рядами — 0,7 м, расстояние между растениями — 8–10 см, количество растений в каждом ряду — 30, всего растений на учетной делянке 60 шт. Референтный сортообразец (сорт для сравнения) — «Ассоль», селекции КазНИИКО, полученный из коллекционного местного образца методом популяционного отбора, допущенный к использованию по Алматинской области с 2012 г. В 2012 г. сорт «Ассоль» был защищен авторским свидетельством № 438 от 23 апреля 2012 г. [2].

В качестве объектов исследования были отобраны сортообразцы фасоли зарубежной и казахстанской селекций, выделенные из изучаемой коллекции по хозяйственно-ценным признакам: «Касабланка» (Польша), «Vaillant» (Франция), «Лаура» (Россия), «Montano» (Финляндия), «Луна» (Чехия), «Катка», «Kinghorn Wax» (Австрия), «Местная» (Венгрия), «Балонг» (Италия), «Пурпурный король» (Россия). Изучение образцов фасоли овощной проводилось по методикам ВИР и полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве. Оптимальный срок посева семян в открытый грунт для условий Алматинской области — с 5 по 20 мая. Посев образцов проводили вручную на делянках, как описано выше, в четырехкратной повторности. Ряды располагались с севера на юг, крайние занимали защитные полосы. Уход за посевами включал ручные прополки с окучиванием, систематическое рыхление почвы в междурядьях, которые проводили по мере необходимости. Первый раз междурядья обрабатывали при появлении полных всходов. Сбор зеленых бобов (лопаток) проводили вручную выборочным методом в пределах рамок площадью 1 м^2 , т.е. трехкратно на делянку.

Статистическую обработку данных, обработку биометрических показателей и фенологических наблюдений проводили, используя методы дисперсионного и корреляционного анализа по Б.А. Доспехову [4].

Выделение ДНК фасоли. В настоящее время маркерная селекция (MAS-селекция) используется для изучения генетического разнообразия, генотипа, определения генов толерантности и эффективного использования селекционных программ. Метод СТАВ [5] использовался для выделения ДНК фасоли. Необходимые реагенты для СТАВ-буфера: 2 % СТАВ (10,0 г), 1,4 М NaCl, 20 мМ ЭДТА (20 мл 0,5 М ЭДТА), 100 мМ Tris-HCl pH 8 (50 мл 1,0 М Tris-HCl доводились бидистиллированной водой до 500 мл). ТЕ-буфер: 10 мМ Tris-HCl, pH 8,0; 1 мМ ЭДТА. Хранение при пониженной температуре в пределах $2-8^{\circ}\text{C}$.

Для анализа методом ПЦР использовали маркер SCAR SY20830C (5'-AGC CGT GGA AGG TTG TCA T-3' и 5'-CCG TGG AAA CAA CAC ACA AT-3'), ассоциированный с локусом Co-4. Выбор данного гена обусловлен тем, что именно локус Co-4 отвечает за наиболее мощную устойчивость фасолевых генотипов к антракнозу [6].

ПЦР-анализ по маркеру SCAR SY20830C. ПЦР проводили с помощью набора *PCR MasterMix* (Thermo Fisher Scientific, США). Праймеры были синтезированы на синтезаторе ASM-800 (Новосибирск, Россия) в Институте общей генетики и цитологии КН МОН РК. Специфическая амплификация ДНК по маркеру SCAR SY20830C (далее SY20) проводилась в следующем режиме: первичный цикл денатурации проводили при 94°C в течение 3 мин; затем следовали 30 циклов при 94°C в течение

10 с, при 65 °С в течение 30 с, при 72 °С в течение 1 мин; элонгацию проводили при 72 °С в течение 5 мин. Продукты амплификации фракционировали при электрофорезе в 2 % агарозе с использованием краски *Gel Red Nucleic Acid Gel Stain (Biotium, США)*. В качестве молекулярного маркера использовали *GeneRuler 100 bp DNA Ladder (Thermo Fisher Scientific, США)*. Гели визуализировали с помощью гель-документирующей системы *Quantum-ST5 (Vilber Lourmat, Франция)*.

Результаты и обсуждение

Возделывание фасоли обыкновенной обусловлено тем, что отдельные формы и сорта резко различаются как по экологическим характеристикам, так и по параметрам вегетативного и репродуктивного роста. Знание этих особенностей является необходимым условием для разработки научно обоснованной агротехники, дифференцированной для форм и сортов фасоли применительно к определенным районам. В связи этим было изучена продолжительность вегетационного периода изучаемых образцов фасоли. Образцы, согласно Международному классификатору СЭВ культурных видов рода *Phaseolus L.*, были подразделены на три группы по скорости созревания семян: раннеспелые, среднеспелые, позднеспелые (табл. 1).

Для изучения вегетационного периода и продуктивности овощной фасоли использовали 11 сортообразцов по 150 растений. В качестве стандарта использовали сорт «Ассоль». Наблюдения проводили в 2017–2018 гг. в полевых условиях на базе агробиостанции «Жана Талап» КазНУ им. аль-Фараби (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Общая продолжительность вегетационного периода образцов фасоли за 2017–2018 гг.

Образец	Кол-во дней от посева до массовых всходов	Кол-во дней от массовых всходов до массового цветения	Кол-во дней от массовых всходов до массовой технической спелости	Кол-во дней от массовых всходов до массовой биологической спелости	Группа спелости: раннеспелые (РС), среднеспелые (СС)
«Ассоль» (Казахстан)	14,0±0,9	32,0±0,8	45,0±0,1	85,0±0,8	СС
«Касабланка» (Польша)	11,9±0,5*	30,0±0,1**	42,0±0,8	81,0±0,4**	СС
«Vaillant» (Франция)	10,8±0,1*	34,0±0,6*	49,3±0,6**	82,5±0,6*	СС
«Лаура» (Россия)	12,8±0,1*	33,7±0,1	41,5±0,5**	75,9±0,5***	РС
«Montano» (Финляндия)	13,0±0,3*	35,8±0,7**	45,4±1,1	72,8±0,7***	РС
«Луна» (Чехия)	12,0±0,9*	31,0±0,5	45,9±0,1	75,0±0,9	РС
«Kinghorn Wax» (Австрия)	12,9±0,1*	32,5±0,3	42,4±0,2**	71,7±0,4***	РС
«Местная» (Венгрия)	13,7±0,2*	34,3±0,5*	50,0±0,4**	75,0±0,8***	РС
«Балонг» (Италия)	14,0±0,1	35,0±0,6**	50,0±0,3**	85,0±0,1	СС
«Пурпурный король» (Россия)	12,0±0,2*	32,0±0,3	45,8±0,5	71,0±0,1***	РС
ФСО-207–2	14,0±0,2	32,0±0,4	46,0±0,1	85,0±0,9	СС

Примечание. * — при $P > 0,95$; ** — при $P > 0,99$; *** — при $P > 0,999$.

Во время исследования продолжительность вегетационного периода образцов фасоли варьировала в пределах 71–85 суток. В результате исследования все образцы были отнесены к двух группам, а именно ранних и среднеспелых сортообразцов.

Наиболее интересны сортообразцы «Катка», «Kinghorn Wax» и «Пурпурный король», «Местная» продемонстрировала самый короткий вегетационный период (рис. 1).

Продолжительность вегетационного периода этих сортов находилась в высокой зависимости от погодных условий. Так, вегетационный период сорта «Kinghorn Wax» составил в 2017 г. — 71 сутки, в 2018 г. — 75 суток; вегетационный период сорта «Пурпурный король», соответственно, 71 и 74 суток. Именно последний сортообразец рекомендуется нами в качестве источника признака скороспелости для использования в селекционной работе. Таким образом, изучение продолжительности вегетации у фасоли овощной в условиях Алматинской области показало, что сортообразцы можно разделить на две группы спелости: скороспелые (период вегетации до 85 суток), среднеспелые (от 86 до 95 суток). Среди изучаемых сортов не оказалось позднеспелых (96 и более суток) сортообразцов.



А — фаза цветения



Б — фаза технической спелости

Рисунок 1. Сорт фасоли «Местная» в фазу цветения и технической спелости сорта

Установлено, что при возделывании в условиях Алматинской области перспективными являются скороспелые и среднеспелые сорта фасоли, которые имеют такой период вегетации, позволяющий ежегодно получать кондиционные семена этой культуры.

Продуктивность сортов фасоли овощной является сложным признаком, зависящим как от генотипа, так и от условий выращивания. В то же время данный сложный признак относится к одним из главных критериев оценки сорта. При создании зеленого конвейера в наших исследованиях продуктивность сортообразцов фасоли овощной анализировалась по следующим показателям: количество бобов на растении, масса бобов, средняя урожайность зеленых бобов и форма растений. Потенциальная возможность продуктивности фасоли велика. На каждом растении образуется от 150 до 200 цветков, однако не более 20–40 % из них завязываются [7]. При этом детерминантные сорта имеют больший процент образования бобов, чем недетерминантные. В процессе оценки коллекции нами были идентифицированы наиболее оптимальные сортообразцы фасоли овощной по признаку количества бобов на растение (табл. 2). У коллекционных образцов число бобов изменялось в зависимости от условий года и варьировало от 7,1 до 30,2 шт. на растение. Для создания зеленого конвейера важны масса боба и форма самого растения. В связи с этим нами были отобраны сорта с округлой формой и наименьшей массой единичного боба.

Т а б л и ц а 2

Продуктивность у сортообразцов фасоли овощной за 2017–2018 гг.

Образец	Форма растений	Число бобов с растения, шт.	Масса боба, г	Средняя урожайность зеленых бобов, г/м ²
<i>Раннеспелая группа</i>				
«Лаура» (Россия)	Кустистый, сахарный	25,1±0,3***	6,3±0,2	558,2±0,6***
«Montano» (Финляндия)	Кустистый, сахарный	14,4±0,7*	5,7±0,1	478,7±0,4**
«Луна» (Россия)	Кустистый, сахарный	28,3±0,5***	6,2±0,8	495,0±0,5**
«Kinghorn Wax» (Австрия)	Кустистый, сахарный	30,2±0,1***	7,2±0,6	468,2±0,2**
«Местная» (Венгрия)	Кустистый, полусахарный	11,8±0,6	9,2±0,2***	455,3±0,2**
«Пурпурный король» (Россия)	Кустистый, сахарный	12,1±0,9	6,5±0,3	344,1±0,7
<i>Среднеспелая группа</i>				
«Касабланка» (Польша)	Кустистый, сахарный	10,5±0,3**	5,5±0,5	375,1±0,1**
«Vaillant» (Франция)	Кустистый, сахарный	16,1±0,2***	4,5±0,8*	390,2±0,6
«ФСО-207-2»	Кустистый, полусахарный	8,3±0,5	7,1±0,4*	375,0±0,3
«Балонг» (Италия)	Кустистый, сахарный	8,4±0,1	6,4±0,1	410,7±0,5
«Ассоль» (Казахстан)	Кустистый, сахарный	8,0±0,3	6,1±0,7	405,7±0,2

Примечание. * — при P > 0,95; ** — при P > 0,99; *** — при P > 0,999.

Как видно из таблицы 2, наименьшей массой боба обладали такие сорта, как сортообразец раннеспелой группы «Montano» — 5,7 г и сортообразец среднеспелой группы «Vaillant» — 4,5 г. А также «Касабланка» — 5,5 г относительно стандартного отечественного сортообразца «Ассоль» (6,1 г). Проведенные исследования сортообразцов фасоли овощной позволили установить, что наилучшими

по качеству среди них являются те, у которых бобы продолжительный период не грубеют и не склонны к образованию пергаментного слоя и волокна в течение всего периода вплоть до уборки. Выделенные из коллекции образцы не только превосходили остальные по количеству зеленых бобов, но и соответствовали требованиям, предъявляемым к качеству боба (рис. 2).



Рисунок 2. Фасоль овощная сортообразца «Montano» (Финляндия)

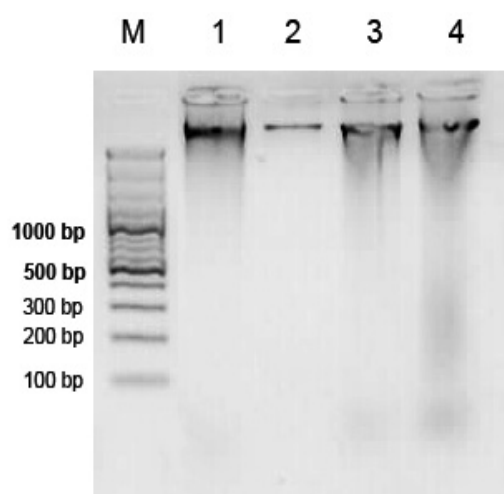
Урожайность зеленых бобов складывается в основном из двух элементов структуры — количества растений на единицу площади и массы бобов с одного растения. Для расчета был проведен подсчет количества растений с 1 м². В связи с тем, что все работы по уходу за растениями проводились вручную, их сохранность на делянке составляла от 94 до 100 %. При этом урожайность бобов варьировала от 344,1 до 558,2 г. По сбору бобов с 1 м² были отмечены такие сортообразцы, как в раннеспелой группе «Лаура» и «Луна», у которых урожайность превосходила таковую у сорта-стандарта на 22–37 %; в среднеспелой группе сортообразец «Касабланка» — на 26 % выше, чем урожайность того же стандартного сортообразца. Образцы «Лаура», «Касабланка» превысили сорт-стандарт «Ассоль» по продуктивности более чем на 100 г. В нашем опыте уровень разброса вариабельности признака урожайности зеленых бобов среди раннеспелых и позднеспелых сортов был невысоким.

Изучение корреляционной связи между урожайностью и элементами продуктивности зеленых бобов показало роль дополнительных факторов. Например, было отмечено, что ощутимые потери урожая фасоли вызываются различными заболеваниями. Одним из широко применяемых методов защиты растений от патогенов являются создание и использование устойчивых к болезням сортов и линий сельскохозяйственных культур. В настоящее время в Казахстане около 9 тыс. га сельскохозяйственных земель заражено вредителями и распространено около 70 видов болезней. Потери урожая зерновых и зернобобовых культур от грибных болезней достигают 30 % [8]. Для решения этой проблемы актуальным является определение перспективных сортов, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям и устойчивых к болезням. Подобная постановка вопроса будет способствовать расширению ареала возделывания данной культуры. Среди заболеваний наиболее вредоносным является антракноз, вызываемый грибковым патогеном *Colletotricum lindemuthianum*. Антракноз проявляется в том, что часть посеянных семян не всходит или погибает в фазе прорастания, не достигнув поверхности почвы. На семядолях и гипокотиле остальных растений развиваются красно-бурые или черные концентрические пятна, которые могут вызвать гибель молодых растений. Распространение возбудителя во время вегетации осуществляется конидиями, которые разносятся с каплями осадков, ветром, насекомыми и т.д. Развитие болезни может усиливаться при увеличении температуры или при воздействии продолжительных осадков [9].

Успешная борьба с болезнями растений объясняется своевременным выявлением заболеваний и правильной идентификацией возбудителей на основе молекулярно-генетических методов [10]. Среди всех генов устойчивости фасоли андского типа (Co-1, Co-12, Co-13, Co-14, Co-15, Co-w, Co-x, Co-y и Co-z) ассоциированные с грибным заболеванием молекулярные маркеры были обнаружены только для локусов Co-1 и Co-15 [11]. Идентификация таких маркеров, как в составе андских, так и мезоамериканских сортообразцов фасоли, напрямую способствует характеристике и сохранению генетических

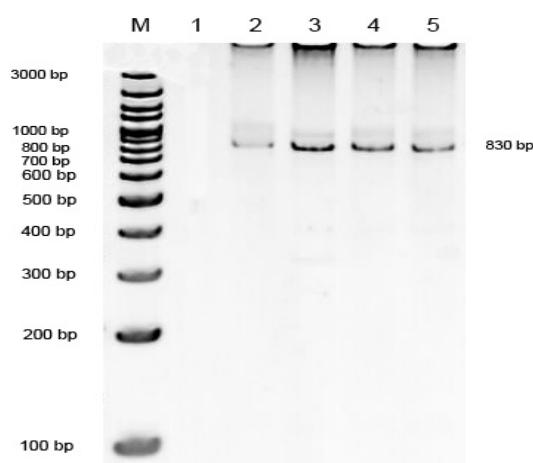
ресурсов, доступных для программ улучшения сельскохозяйственных культур. Молекулярно-генетическое тестирование коллекционных и селекционных образцов, культивируемых в Республике Казахстан, по указанным генам до сих пор не проводилось. Гены фасоли Co-1, Co-2 и Co-4 в трех специальных локусах отвечают за защиту от патогенов всех групп, обнаруженных во всем мире по отношению к антракнозу фасоли. Кроме того, наличие гена Co-4 в одном локусе несет ответственность за придание стойкости к группе патогенов *Lindemuthianum* (раса гриба), идентифицированной в Болгарии [12]. Поэтому для нас наибольший интерес представляет изучение образцов фасоли на наличие гена устойчивости к антракнозу Co-4. Результаты исследований представлены на рисунке 3.

Все использованные праймеры обеспечили продуктивный синтез производимых фрагментов (ампликон). Количество ампликонов, зависящих от применяемых праймеров, ограничивается группой от 5 до 20 фрагментов, размеры которых ограничено визуализируются в интервале 100–2000 п. н. Все четыре сортообразца, подвергшиеся анализу, характеризовались спектром генов, определяемых количеством ампликонов, их размерами и присутствием на электрофореграмме. Также в спектре электрофореза можно наблюдать полиморфные фрагменты, полученные для различных сортов и линий при синтезе сортоспецифических праймеров (рис. 3).



M — молекулярный маркер. Образцы исследования: 1 — «Kinghorn Wax» (Австрия); 2 — «Vaillant» (Франция); 3 — «Лаура» (Россия); 4 — «Montano» (Финляндия)

Рисунок 3. Проверка на электрофорезе ДНК, выделенной из различных сортов фасоли



M — молекулярный маркер; 1 — отрицательный контроль; 2–5 — образцы исследования: 2 — «Kinghorn Wax» (Австрия); 3 — «Vaillant» (Франция); 4 — «Лаура» (Россия); 5 — «Montano» (Финляндия)

Рисунок 4. Результаты типирования отдельных образцов фасоли обыкновенной с праймером Co-4

Из проростков фасоли сортообразцов «Kinghorn Wax», «Vaillant», «Лаура», «Montano» были выделены образцы ДНК СТАВ-методом. Как видно из данных, приведенных на рисунке 3, полученные образцы ДНК практически не содержали деградированных фрагментов, за исключением незначительного количества агрегатов на старте электрофореграммы, образовавшихся при ресуспендировании материала фасольных ДНК в образцовом буфере.

На рисунке 4 можно видеть итоги типирования четырех образцов фасоли овощной при амплификации ДНК в присутствии праймера Co-4.

Таким образом, на основе материала ПЦР-амплификации, проведенного маркером SY20 SCAR, все исследованные четыре сорта выявили наличие искомого гена Co-4. По сравнению с молекулярным маркером на всех сортах видны фрагменты данного гена размером 830 пар оснований. Наличие гена толерантности в составе ДНК этих сортообразцов свидетельствует о высокой устойчивости изучавшихся сортов к антракнозу. При этом наличие мезоамериканских генов в сортообразцах демонстрирует центрально-американское происхождение этих сортов [12]. Идентификация маркеров в андоамериканских и мезоамериканских сортах непосредственно влияет на сохранность и полноту описания генетических ресурсов в достижении программы улучшения сельскохозяйственных культур. Возможно, присутствие в геноме других генов устойчивости к антракнозу потребует маркирования по дополнительным генам, включая гены Co-1, Co-2 и Co-6. Показатели оценки по молекулярному тестированию геномов сортообразцов позволяют характеризовать перспективный исходный материал для селекции фасоли на антракнозостойчивость в качестве источников этой устойчивости. В настоящее время изучено свыше 60 рас возбудителей антракноза у фасоли [13].

Список литературы

- 1 Григорук В.В. Развитие органического сельского хозяйства в мире и Казахстане / В.В. Григорук, Е.В. Климов // Продовольственная и сельскохозяйственная Организация Объединенных Наций. — 2016. — Вып. 151. — С. 55.
- 2 Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Республике Казахстан. — Астана, 2014. — 171 с.
- 3 Кильчевский А.В. Методические указания по экологическому сортоиспытанию овощных культур в открытом грунте / А.В. Кильчевский. — М., 1985. — Ч. II. — С. 22.
- 4 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — Вып. 5. — 351 с.
- 5 Xia Y. A modified SDS-based DNA extraction method from raw soybean / Y. Xia, F. Chen, Y. Du, C. Liu, G. Bu, Y. Xin, B. Liu // Biosci Rep. — 2019. — P. 39.
- 6 Oblessuc P.R. The Co-4 locus on chromosome Pv08 contains a unique cluster of 18 COK-4 genes and is regulated by immune response in common bean / P.R. Oblessuc, C. Francisco, M. Melotto // Theor. Appl. Genet. — 2015. — Vol. 128. — P. 1193. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2500-6>
- 7 Pérez-Jaramillo J.E. Deciphering rhizosphere microbiome assembly of wild and modern common bean (*Phaseolus vulgaris*) in native and agricultural soils from Colombia / J.E. Pérez-Jaramillo, M. de Hollander, C.A. Ramírez // Microbiome. — 2019. — Vol. 7. — P. 114. <https://doi.org/10.1186/s40168-019-0727-1>
- 8 Godfray H.C. Food system consequences of a fungal disease epidemic in a major crop / H.C. Godfray // Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. — 2016. — Vol. 371. — P. 1709. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0467>
- 9 Velásquez A.C. Plant-Pathogen Warfare under Changing Climate Conditions / A. C. Velásquez // Curr. Biol. — 2018. — Vol. 28. — P. 619. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.03.054>
- 10 Fang Y. Current and Prospective Methods for Plant Disease Detection / Y. Fang, R.P. Ramasamy // Biosensors (Basel). — 2015. — Vol. 5. — P. 537. <https://doi.org/10.3390/bios5030537>
- 11 Genchev D. Breeding of Common Bean for Resistance to the Physiological Races of Anthracnose Identified in Bulgaria / D. Genchev // Biotechnology & Biotechnological Equipment. — 2010. — P. 1814. <https://doi.org/10.1094/PD-79-0063>
- 12 de Lima Castro S.A. Genetics and mapping of a new anthracnose resistance locus in Andean common bean Paloma / S.A. de Lima Castro, M.C. Gonçalves-Vidigal, T.A.S. Gilio // BMC Genomics. — 2017. — Vol. 18. — P. 306. <https://doi.org/10.1186/s12864-017-3685-7>
- 13 Costa L.C. Are duplicated genes responsible for anthracnose resistance in common bean? / L.C. Costa, R.S. Nalin, M.A. Ramalho, E.A. de Souza // PLoSONE. — 2017. — Vol. 12. e0173789. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173789>

Б.А. Жумабаева, З.Г. Айташева, Л.П. Лебедева,
Д.А. Алибекова, Ж.Ж. Чунетова, Н. Шынгыскызы

Алматы облысы жағдайында шаруашылық-бағалы белгілері бойынша көкөніс бұршақтарының коллекциялық үлгілерін бағалау

Көкөніс бұршақтарының коллекциялық материалының (*Phaseolus vulgaris* L.) шығу тегі және шаруашылық-бағалы белгілері бойынша Алматы облысы жағдайында конвейерлік өндірісте өсіруге жарамдылығына кешенді сипаттама берілді. Тандалған бұршақтардың сұрыпталған түрлерінің вегетациялық кезені зерттелді, бұл зерттелетін дала дақылының кондициялық тұқымдарын жыл сайын алуға ықпал етеді. Алматы облысы климаттық жағдайында өсіруге жарамды көкөніс бұршақтарының ерте пісетін және орташа пісетін түрлері анықталды. Бұл ретте зерттелетін көкөніс бұршақтарының материалының вегетациялық кезеңінің ұзақтығы 71–85 күн аралығында өзгергені көрсетілген. Алматы облысының климаттық жағдайы үшін бұршақтың неғұрлым өнімді сұрыптық үлгілері анықталды. Жасыл көкөніс бұршақтарының өнімділігі мен өнімділік элементтері арасында корреляциялық байланыс орнатылды. Зерттелетін аймақтағы өнімділік коллекциясының құрылымдық талдауына сәйкес, ерте пісетін топтың құрамындағы ең перспективалы және бейімделген сорттар «Лаура» мен «Луна» сорттары болып табылады, олардың өнімділігі анықтамалық сорттың өнімділігінен 22–37 % жоғары болды. Сонымен қатар, орта маусымдық «Касабланка» сорты (Польша) ерекшеленді, оның өнімділігі стандартты шығымдылықтан 26 % жоғары болды. Көкөніс бұршақтары коллекциясының таңдаулы өкілдерінің антракнозға тұрақты генотиптерді молекулалық-генетикалық таңбалау арқылы зерттелді.

Кілт сөздер: *Phaseolus vulgaris* L., көкөніс бұршақтары, сорттық үлгілер, вегетациялық кезең, өнімділік, антракноз, ПТР әдісі.

B.A. Zhumabayeva, Z.G. Aitasheva, L.P. Lebedeva,
D.A. Alibekova, Zh.Zh. Chunetova, N. Shyngiskyzy

Assessment of collection samples of beans by economical-valued characteristics in the conditions of the Almaty region

Comprehensive description of the collection material of vegetable common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by its origin and economically valuable characters is presented for the suitability of harvesting for the production line in conditions of the Almaty region. The vegetation period of selected bean varieties are studied, which enable the annual production of conditioned seeds of the field. Early ripe and mid-season forms of vegetable beans studied suitable for cultivation in the Almaty region are identified. It has been shown that the duration of the growing season of the material of vegetable beans under investigation has varied within 71–85 days. The most productive bean varieties for the conditions of the Almaty region have been indicated. Correlation ties between the yield and the components of productivity for the mass of green vegetable pods have been established. According to the structural analysis of the collection by productivity in the studied zone, the most promising and adapted varieties and lines in the early-ripe cluster are Laura and Luna varieties, which yield has exceeded the productivity of the reference variety by 22–37 %. At the same time, the mid-season cluster has revealed the Casablanca (Poland) variety, which has revealed 26 % higher productivity comparing to the yield of the same reference standard. The resistance of the selected vegetable bean representatives of the collection to anthracnose has been studied by using molecular genetically marking of genotypes.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., vegetable beans, varietal sample, growing season, yield, anthracnose, PCR method.

References

- 1 Grigoruk, V.V., & Klimov, E.V. (2016). Razvitie orhanicheskoho selskoho khoziaistva v mire i Kazakhstane [Development of organic agriculture in world and Kazakhstan]. *Prodovolstvannaia i selskokhoziaistvannaia Orhanizatsiia Obedinennykh Natsii — Food and agricultural organization of UN, 151*, 55 [in Russian].
- 2 *Hosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispolzovaniiu v Respublike Kazakhstan [The state register of select achievements for using in the Republic of Kazakhstan]*. (2014). Astana [in Russian].
- 3 Kilchevskii, A.V. (1985). *Metodicheskie ukazaniia po ekologicheskomu sortoispytaniiu ovoshchnykh kultur v otkrytom hrunte [Methodological recommendations for ecological sort-study of vegetative cultures in open soil]*. (Part 2). Moscow [in Russian].

- 4 Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevoho opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniia) [Methodology of field experiments (with bases statistic processing of results of investigations)]*. (5th Issue). Moscow: Ahropromizdat [in Russian].
- 5 Xia, Y., Chen, F., Du, Y., Liu, C., Bu, G., Xin, Y., & Liu, B. (2019). A modified SDS-based DNA extraction method from raw soybean. *Biosci Rep*, 39.
- 6 Oblessuc, P.R., Francisco, C., & Melotto, M. (2015). The Co-4 locus on chromosome Pv08 contains a unique cluster of 18 COK-4 genes and is regulated by immune response in common bean. *Theor. Appl. Genet.*, 128, 1193. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2500-6>
- 7 Pérez-Jaramillo, J.E., de Hollander, M., & Ramírez, C.A. (2019). Deciphering rhizosphere microbiome assembly of wild and modern common bean (*Phaseolus vulgaris*) in native and agricultural soils from Colombia. *Microbiome*, 7, 114. <https://doi.org/10.1186/s40168-019-0727-1>
- 8 Godfray, H.C., Mason-D'Croz, D., & Robinson, S. (2016). Food system consequences of a fungal disease epidemic in a major crop. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 371; 1709. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0467>
- 9 Velásquez, A.C., Castroverde, C. & He, S.Y. (2018). Plant-Pathogen Warfare under Changing Climate Conditions. *Curr. Biol.*, 28; 619. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.03.054>
- 10 Fang, Y., & Ramasamy, R.P. (2015). Current and Prospective Methods for Plant Disease Detection. *Biosensors (Basel)*, 5; 537. <https://doi.org/10.3390/bios5030537>
- 11 Genchev, D., Christova, P., Kiryakov, I., Beleva, M., & Batchvarov, R. (2010). Breeding of Common Bean for Resistance to the Physiological Races of Anthracnose Identified in Bulgaria. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 1814. <https://doi.org/10.1094/PD-79-0063>
- 12 de Lima Castro, S.A., Gonçalves-Vidigal, M.C. & Gilio, T.A.S. (2017). Genetics and mapping of a new anthracnose resistance locus in Andean common bean Paloma. *BMC Genomics*, 18; 306. <https://doi.org/10.1186/s12864-017-3685-7>
- 13 Costa, L.C., Nalin, R.S., Ramalho, M.A. & de Souza, E.A. (2017). Are duplicated genes responsible for anthracnose resistance in common bean? *PLoS ONE*, 12; e0173789. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173789>